

УДК 621.793

Э. В. Лазарсон

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь

## ПРОБЛЕМЫ НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Выявлены проблемы, возникающие при выборе метода контроля качества в зависимости от условий задачи. Методика решения задач выбора представлена в форме таблиц соответствия. Определяющую роль в назначении необходимых методов контроля играют знания и опыт конкретного специалиста, компетентного в вопросах контроля качества.*

*Ключевые слова: качество сварных соединений, дефекты, контроль качества, таблицы соответствий.*

*E. V. Lazerson*

## PROBLEMS PURPOSE METHODS OF QUALITY CONTROL OF WELDED JOINTS

*The problems that arise when choosing a method of quality control, depending on the conditions of the problem. Methods of solving problems of selection is in the form of tables of correspondence. A decisive role in the appointment of the necessary control methods play a particular knowledge and experience of a specialist, competent in matters of quality control.*

*Keywords: quality of welded joints, defects, quality control, correspondence tables.*

### *Введение*

Для контроля качества сварных соединений могут использоваться различные методы. Сведения о них изложены в специальных и учебных изданиях, отдельных главах справочников по сварке и другой литературе. На практике методы контроля назначают разработчики технической документации на изготовление изделий. При этом для узла или конструкции рекомендуется, как правило, не более одного-двух методов контроля, то есть приходится производить выбор из нескольких возможных.

Как показал обзор литературы, авторы изданий обычно подробно излагают физическую сущность, применяемое оборудование и технологию выполнения операций контроля каждым методом, а данные об областях их применения, достоинствах и недостатках характеризуют весьма скупо. Ощущается потребность практиков в сравнительных данных.

В наших исследованиях ставилась задача выяснить, какие трудности могут возникнуть при выборе метода контроля качества в зависимости от условий задачи. Для этого использовалась методика представления задач выбора в форме таблиц соответствия (ТС), разработанная в ПНИПУ [1].

### *Методика исследований*

По данной тематике было построено несколько моделей. Первой из них по времени создания была табличная модель табл. 1, в которой предусмотрен выбор из 9-ти наиболее распространенных методов. Большинство из них имеет свои разновидности, так что принятые названия по существу означают не методы, а группы методов, которые в дальнейшем требуют уточнения. Сам перечень методов контроля (область прибытия ТС) составлен только для пояснения методики работы с моделью.

*Таблица 1*

Таблица соответствий для выбора метода контроля качества сварных соединений

Метод контроля качества	$X_1$ – толщина металла, мм					$X_2$ – вид дефекта					$X_3$ – условия работы		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
1.Механические испытания	1	1				1	1				1		
2. Металлография	1	1	1	1	1			1			1		1
3.Коррозионные испытания	1	1							1				1
4. Течеискание	1	1	1	1						1		1	
5.Рентгенография	1	1	1				1				1	1	
6. Гаммаграфия		1	1	1			1				1	1	
7. УЗД		1	1	1	1		1				1		
8.Капиллярные методы	1	1	1	1	1	1					1		
9.Магнитные методы	1					1	1				1		

Значения параметров:

$x_{11}$ – до 4	$x_{21}$ – наружный	$x_{31}$ – силовая нагрузка
$x_{12}$ – 4–30	$x_{22}$ – внутренний	$x_{32}$ – герметичность
$x_{13}$ – 30–60	$x_{23}$ – структура	$x_{33}$ – агрессивная среда
$x_{14}$ – 60–80	$x_{24}$ – коррозия	
$x_{15}$ – св. 80	$x_{25}$ – негерметичность	

В область отправления модели (две верхние строки таблицы) записаны факторы, влияющие на выбор методов контроля ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ), и порядковые номера их значений, расшифрованные в нижней части таблицы. Значения параметра  $X_1$  (толщины металла сварного соединения) разделена на интервалы условно, ориентируясь на некоторые данные из литературы.

В клетках основной части таблицы – матрице соответствий – с помощью единиц показано наличие соответствий между значениями входных параметров (факторов) и методами контроля качества (1 – соответствие есть, пустая клетка – соответствия нет). При решении конкретной задачи из ее условия определяют значения каждого входного параметра  $x_{1i}$ ,  $x_{2j}$ ,  $x_{3k}$  и для их совокупности в матрице ищут строку (строки), полностью заполненную единицами. Если такая строка найдена, то по ней в области прибытия находят рекомендуемый метод контроля качества.

Всего по данной таблице соответствий могут быть проверены решения для 75 вариантов условий задач. Из них для 32-х вариантов в таблице не хватает данных, а из остальных 43-х в 16 получаются неоднозначные решения – рекомендуется 2 или 3 метода контроля. В большинстве случаев это не устраивает пользователей, для которых желательны однозначные рекомендации. Следовательно, необходимо усовершенствовать данную модель.

#### *Проблемы выбора методов контроля*

В частности, можно увеличить количество факторов, влияющих на выбор метода контроля, и количество их значений. Такой вариант моделирования показан в табл. 2. Здесь, в отличие от предыдущей модели, добавлено 4 новых фактора.

По модели 2 всего возможно оценить 2700 видов исходных данных. Выявить их визуально и проанализировать не представляется возможным.

Проведенное по специальной методике [1; 2] построение блок – схемы алгоритмов выбора решений показало, что модель позволяет прийти к однозначному выбору. Но эта модель тоже далека от совершенства: данные для нее приняты субъективно, в ней не учтено множество других влияющих факторов и определенных характеристик их значений. Сложность этого вопроса отмечают все специалисты.

Таблица 2

Таблица соответствий для выбора метода контроля качества

Метод контроля (№ по табл. 1)	X <sub>1</sub>					X <sub>2</sub>			X <sub>3</sub>					X <sub>4</sub>		X <sub>5</sub>		X <sub>6</sub>			X <sub>7</sub>		
	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
1.	1	1				1				1					1		1			1			1
2.	1	1	1	1	1	1		1			1				1	1				1			1
3.	1	1						1				1			1	1				1			1
4.	1	1	1	1	1		1						1	1		1			1			1	
5.	1	1	1			1	1			1				1			1			1			1
6.		1	1	1		1	1			1				1			1		1				1
7.		1	1	1	1	1				1				1		1			1		1		
8.	1	1	1	1	1	1			1					1		1			1			1	
9.	1					1			1	1				1		1			1		1		

Примечание:  
x<sub>4</sub> – вид контроля: 1 – не разрушающий, 2 – разрушающий  
x<sub>5</sub> – чувствительность метода: 1 – высокая, 2 – невысокая  
x<sub>6</sub> – используемое оборудование: 1 – без оборудования, 2 – простое, 3 – сложное  
x<sub>7</sub> – длительность контроля: 1 – оперативный, 2 –средний, 3 -продолжительный

В недавно опубликованном обзоре Н. П. Алешина по методам неразрушающего контроля сварных соединений [3] указана необходимость учета следующих основных факторов:

- характер дефектов, подлежащих выявлению, и их расположение;
- чувствительность методов неразрушающего контроля (НК);
- форма и размеры контролируемой детали или соединения;
- материал деталей, их физические свойства;
- условия работы деталей и ТУ на изделие;
- состояние и шероховатость поверхности детали;
- доступность зоны контроля для применяемых методов контроля.

По каждому фактору приведены пояснения, позволяющие сформулировать еще несколько влияющих факторов. Основная же часть работы [3] представляет

собой подробный анализ литературных данных по 9 укрупненным группам физических методов контроля сварных соединений.

Близким по содержанию и назначению является фундаментальный справочник под ред. В. В. Ключева о методах неразрушающего контроля и диагностики [4]. Вероятно, названные книги рассчитаны преимущественно на специалистов, профессионально занимающихся разными аспектами контроля качества и диагностики.

В сварочном производстве выбор оптимального метода контроля является обязательной процедурой при организации выполнения любых сварочных работ. Сложность проблемы выбора обусловлена тем, что к настоящему времени накоплен огромный объем знаний о существующих методах контроля и опыте их повсеместного применения. Но в большинстве изданий эти данные не систематизированы, и для их извлечения и анализа требуется большая трудоемкая работа с источниками информации.

Сами методы контроля многочисленны, имеют множество разновидностей по разным признакам и образуют сложную многоуровневую структуру. Не менее сложны виды дефектов сварки, которые могут возникать и подлежат выявлению. Их также можно классифицировать по множеству признаков. Кроме данных о методах контроля и видах дефектов необходимы сведения об объектах контроля, то есть сварных соединениях конкретных изделий. Представить их в общем виде невозможно.

При обсуждении рассматриваемой тематики необходимо исходить из того, что вопросы назначения методов контроля качества возникают только в двух случаях:

- 1) при организации производства нового изделия или его модернизации;
- 2) когда используемые на предприятии методы контроля по каким-то причинам не устраивают производителя или пользователя.

В обоих случаях сначала определяют, известно ли необходимое решение, Если да, то вопросы выбора метода контроля снимаются. В противном случае

выбор подходящего метода является сложной задачей и целесообразно использовать методологию решения многофакторных неформализованных задач [1]. Такие задачи решают поэтапно в последовательности : формирование исходных данных и их анализ – сбор дополнительных, необходимых данных – определение последующих действий и их выполнение – получение выводов из проведенной работы.

Самыми трудными являются два первых этапа, поскольку для их выполнения требуется располагать множеством вышеупомянутых сведений, а в конечном итоге обычно назначают не более двух – трех методов. Значит, надо сравнивать между собой разные методы контроля, но в литературе такому анализу уделяется мало внимания. Лишь в немногих источниках можно найти сравнительные данные, представленные численно, типа показанных в табл. 3 и 4 [5].

Таблица 3

Относительная выявляемость дефектов сварки различными методами дефектоскопии, % от общего числа дефектов

Метод контроля	Поверхностные трещины	Неметаллические включения	Раковины	Непровары	
				По скосам	В корне шва
Просвечивание рентгеновское	2	100	100	65	65
Просвечивание гамма-лучами	0	85	90	28	30
Ультразвуковой	10	45	85	95	45
Магнитный порошковый	98	0	0	0	0
Капиллярный (цветной)	100	0	0	0	0

Таблица 4

Оценка, балл информативности методов неразрушающего контроля

Метод контроля	Качество информации о дефектах					
	Чувствительность по толщине	Место расположения	Тип	Форма	Размеры	Ориентация
Ультразвуковой	1	1	4	3	4	3
Радиографический	2	2	1	1	2	2
Магнитный	4	1	3	4	2	4
Капиллярный (цветной)	4	1	1	2	2	2

Эти данные полезны при попарном сравнении методов контроля применительно к конкретным видам дефектов сварки, но они не предназначены для выделения оптимальных методов по всей совокупности влияющих на выбор факторов.

### *Выводы*

1. При определении качества сварки в конкретных условиях обычно используют 2–3 метода контроля сварных соединений. Эти методы выбирают из множества существующих, принимая во внимание многочисленные исходные данные.

2. Во многих источниках можно найти подробные сведения о разных методах контроля сварных соединений, но приводимые данные изложены преимущественно в описательном виде, недостаточно систематизированы, что затрудняет выбор оптимальных методов контроля.

3. В практической работе определяющую роль в назначении необходимых методов контроля играют знания и опыт конкретного специалиста, компетентного в вопросах контроля качества.

### *Список литературы*

1. Лазарсон Э. В. Теория и методы решения многовариантных неформализованных задач выбора (с примерами из области сварки): монография. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 270 с.
2. Горанский Г. К., Бендерова Э. И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства. – М. : Машиностроение, 1981. – 456 с.
3. Алешин Н. П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учеб. пособие. – М, Машиностроение, 2013. – 567 с.
4. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник/ под. ред В. В. Клюева. 2005.
5. Справочник строителя: Сварка и резка в промышленном строительстве. Т2 / под ред. Б. Д. Малышева. – М. : Стройиздат, 1989. – 400 с.